



⑩ 日本国特許庁 (J P)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A)

昭62-2404

⑬ Int. Cl. 4

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和62年(1987)1月8日

H 01 B 1/16

8222-5E

審査請求 未請求 発明の数 1 (全5頁)

⑮ 発明の名称 厚膜ペースト

⑯ 特 願 昭60-139904

⑰ 出 願 昭60(1985)6月26日

⑱ 発 明 者 浅 田 栄 一 東京都新宿区西新宿2丁目1番1号 昭栄化学工業株式会社内

⑲ 発 明 者 小 野 信 一 東京都新宿区西新宿2丁目1番1号 昭栄化学工業株式会社内

⑳ 発 明 者 松 尾 稔 東京都新宿区西新宿2丁目1番1号 昭栄化学工業株式会社内

㉑ 出 願 人 昭栄化学工業株式会社 東京都新宿区西新宿2丁目1番1号

明 細 書

1. 発明の名称

厚膜ペースト

2. 特許請求の範囲

1 1種又は2種以上の金属塩を含む溶液を噴霧して液滴にし、その液滴を該金属塩の分解温度より高くかつ金属の融点より高い温度であって、しかも金属の融点以下の温度で金属が酸化物を形成する場合にはその酸化物の分解温度より高い温度で加熱することによって製造された金属粉末を導電成分として用いることを特徴とする厚膜ペースト。

2 金属粉末が単一金属の粉末、合金粉末及びこれらの混合粉末から選ばれる特許請求の範囲第1項記載の厚膜ペースト。

3. 発明の詳細な説明

産業上の利用分野

本発明はエレクトロニクス用厚膜ペーストに関する。

エレクトロニクス分野において、電子回路や抵

抗、コンデンサ、ICパッケージ等の部品を製造するために、導体ペーストや抵抗ペーストなどの厚膜ペーストが使用されている。これは金、銀、白金、パラジウム、ルテニウム等の貴金属や銅、ニッケル、アルミニウム、モリブデン、タングステンなどの卑金属やこれらの合金、酸化物等の粉末を導電成分とし、必要に応じてガラス等の無機結合剤やその他の添加剤と共に有機ビヒクル中に均一に混合分散させてペースト状としたものであり、絶縁基板上に適用した後高温で焼付けするか、又は比較的低温で加熱乾燥することによって導体被膜、抵抗被膜を形成する。

従来の技術

このような厚膜ペーストに使用される金属粉末としては、従来より金属化合物の溶液に還元剤を作用させて湿式還元する方法、金属の溶湯をアトマイズする方法、あるいは金属を真空中又は不活性ガス中で蒸発させて微粉化する方法で製造されたものなどが使用されている。

発明が解決しようとする課題

厚膜ペーストに要求される一般的な特性は、形成された被膜が緻密であること、基板と強固に接着していること、特に導体ペーストの場合、被膜表面に酸化物やガラス質成分が少ないことなどである。

このような特性を満たすために、厚膜ペースト用金属粉末としては、次のような性質を有するものが望まれている。

①緻密で均一な被膜を形成するため、塗料中での分散が良好であること。

②不純物が少ないこと。

不純物が多いと半導体とのオーム接合性、耐腐食性、耐環境性その他の電気特性に悪影響を及ぼすので、できるだけ低レベルに抑える必要がある。

③結晶性が良好であること。

特に高温焼成タイプのペーストでは、結晶性が良くないと焼成過程において金属粉末の焼結が早すぎるため溶けたガラス質結合剤が基板側に移行せず、接着強度不良となったり、ガラ

スが膜表面に浮いて導電性や半田付け性を阻害するなどの問題を引起す。従って結晶性が良く、結晶の方向が揃っていることが望ましい。

④粒径がほぼ 0.1~10 μ m の範囲で、粒子形状が揃っていること。

従来の湿式還元法により製造された粉末は、種々の形状、粒径のものがあるが、分散性、結晶性が共に良好でかつ高純度の金属粉末が得られない。アトマイズ法では、生成する粉末の粒径が大きく、微粉化が困難であるため、細くて緻密な被膜が得られない。、又蒸発法では逆に粒径が小さすぎ、塗料化するのが困難であると共に分散性の良いものが得られない。

従ってこれらの方法で得られた粉末では、厚膜ペーストに要求される種々の特性を満足させるには限界があった。

問題点を解決するための手段

本発明は、1種又は2種以上の金属塩を含む溶液を噴霧して液滴にし、その液滴を該金属塩の分

解温度より高くかつ金属の融点より高い温度であって、しかも金属の融点以下の温度で金属が酸化物を形成する場合にはその酸化物の分解温度より高い温度で加熱することによって製造された金属粉末を導電成分として用いることを特徴とする厚膜ペーストである。尚本発明でいう金属粉末は、単一金属の粉末、合金粉末及びこれらの混合粉末をも含むものとする。

作用

本発明の特徴は、導電成分として用いる金属粉末にある。金属の種類としては例えば金、銀、白金、パラジウム等の貴金属や銅、ニッケル、コバルト、アルミニウム、モリブデン、タングステン等の卑金属又はこれらの合金など従来から導電成分として使用されているものであればよい。

本発明の厚膜ペーストに使用される粉末を製造するにあたって、金属塩としては、加熱分解により目的とする金属を析出するものであればいかなるものでも良く、一例としてこれらの金属の硝酸塩、硫酸塩、塩化物、アンモニウム塩、リン酸塩、

カルボン酸塩、金属アルコラート、樹脂酸塩などが挙げられる。単一金属について異なる複数の塩を併用することもできる。2種以上の金属の塩を混合使用しても良く、又複塩や錯塩を使用しても良い。これら金属塩の1種又は2種以上を、水や、アルコール、アセトン、エーテル等の有機溶剤あるいはこれらの混合溶剤中に溶解し金属塩溶液をを成する。単一の金属の塩溶液を用いれば純金属粉末が得られるが、合金を形成する2種以上の金属を溶解した溶液を用いれば合金粉末を製造することができる。尚混合する2種以上の金属が合金を生成しないものであれば、混合粉末が得られることもある。金属塩溶液は、噴霧器により噴霧して液滴とし、次いで金属塩の分解温度より高くかつ金属の融点より高い温度であって、しかも金属の融点以下の温度で金属が酸化物を形成する場合にはその酸化物の分解温度より高い温度で加熱を行うことにより、球状で表面の平滑な金属粉末が生成する。

尚、粉末の製法において加熱温度が金属の融点

より低温であると、球状粉末ができず、密度も低いのでペースト用には好ましくない。従って少くとも融点より高温で加熱する必要がある。望ましくは目的金属の融点より100℃以上高温で加熱を行うのがよい。又金属塩が分解する際、あるいは分解した後、金属の融点より低い温度で融化物を形成するような金属においては、少くとも該融化物が分解する温度まで加熱することが必要である。尚、合金を形成する2種以上の金属塩を形成する場合には、加熱温度は塩の分解温度以上であってかつ該金属を構成成分とする合金の融点より高い温度であればよい。金属粉末の粒径は金属塩の濃度、溶媒の種類及び混合比、噴霧速度、噴霧液滴の大きさ、及び加熱温度に依存するので、これらの条件を適宜設定することにより容易にコントロールすることができる。特に粒径に直接関係するとみられる噴霧液滴のサイズについては、噴霧した液体を更に固体の障害物や回転体に衝突させることによって小さくすることができる。又溶媒の沸点が低いと加熱時の沸騰により液滴の分裂

が起こり易く、液滴が微細化するため、生成する金属粉末の粒径が小さくなると考えられる。

本発明の厚膜ペーストは、上記製法で得られた金属粉末を導電成分として用いるもので、常法に従い、必要に応じて無機結合剤やその他の添加剤を加え、有機ビヒクル中に均一に分散させたものである。

上記製法で得られた粉末は結晶性が非常に良く、分散性も極めて良好であるため、この粉末を導電成分とした厚膜ペーストは、薄くて緻密かつ基板と強固に接合した被膜を形成することができる。特に導体ペーストの場合、被膜表面に酸化物やガラス質成分が少なくなるため、半田付け性、ワイヤボンディング性、ダイボンディング性の優れたものが得られる。

実施例

次に実施例及び比較例をあげて本発明を具体的に説明する。

実施例 1

AgNO₃結晶をエタノール80%を含むエタ

ノール-水混合溶媒に溶解し、0.5ml/lの溶液を作成した。この溶液を二流管式噴霧器を用いて二流体ノズル内筒より2.0ml/分の流量で噴出させると同時に外筒より10ml/分の流量で圧縮空気を流し、電気炉で1100℃に加熱されたセラミック管中に溶液を噴霧したこのとき二流体ノズルの外筒に二次流として20ml/分の割合で空気を流して、噴霧された液滴がうまく加熱ゾーンに導かれるようにする。液滴は加熱ゾーンを通過して加熱分解され、サイクロン及びガラスフィルターで捕集された。得られた粉末は最大粒径1.7μm、最小粒径0.5μmで、非常に結晶性が良く表面平滑な完全球形のAg粉末であった。

この粉末を用い、以下の配合で導体ペーストを作成した。

Ag 粉末	100g
ガラスフリット	5g
Bi ₂ O ₃	8g
有機ビヒクル	30g

比較例 1

加熱温度を900℃とする以外は実施例1と同様に、Ag粉末を製造した。球形の粒子は得られず、不定形で最大粒径10μm、最小粒径1μmであった。この粉末を用い、実施例1と同一配合で導体ペーストを作成した。

比較例 2

粉式還元法で作った最大粒径1.5μm、最小粒径0.5μmのAg粉末を用い、実施例1と同一配合で導体ペーストを作成した。

比較試験

実施例1、比較例1及び比較例2で得た3種のペーストをそれぞれアルミナ基板上に印刷し、800℃で焼成し、通常の厚膜導体の評価方法で試験を行った結果を表1に示す。

(以下余白)

表 1

評価項目	粘度特性 (poise)			印刷性	半田濡れ性	接着強度 (kg) *	
	0.4 sec ⁻¹	4 sec ⁻¹	40 sec ⁻¹			初期	エージング後
A _g 粉							
実施例 1	8500	2300	800	◎	良好	2.5	1.5
比較例 1	4000	1800	800	X	良好	1.5	0.5
比較例 2	8000	2900	1500	△	ピンホール有	2.0	0.9

*接着強度は 1.5mm□パターンで評価した。
エージング強度は 150℃24時間放置後の値である。

表 1 から明らかなように、本発明の厚膜ペーストは優れた特性を示す。実施例 1 のペーストは、スクリーン印刷のためには理想的な粘度特性を有しており、印刷性が良好である。又従来より半田

粉末であった。

この合金粉末を用い、以下の配合で導体ペーストを作成した。

A_g / Pd 合金粉末 100g
有機ビヒクル 82g

このペーストをセラミックシート上に印刷し、1100℃で焼成したところ、膜厚 1.2μm で穴の少ない緻密な膜が得られた。比抵抗は約 20μΩ・cm であった。

比較例 3

湯式還元法で作った最大粒径 1.5μm、最小粒径 0.5μm の A_g 粉末及び平均粒径 0.2μm の Pd 粉末を用い、以下の配合で導体ペーストを作成した。

A_g 粉末 80g
Pd 粉末 20g
有機ビヒクル 82g

このペーストをセラミックシート上に印刷し、1100℃で焼成したところ、膜厚 1.2μm では連続膜が得られなかった。

濡れ性と接着強度とは相反する特性として知られていたが、この結果からわかるように、従来法である湯式還元法で製造した粉末を用いた場合よりも半田濡れ性、接着強度共に優れていることがわかる。これは本発明で用いた A_g 粉末が凝集がなく、ペースト中での分散性に優れているため緻密な膜を作ることができ、なおかつ個々の粒子の結晶性が良いのでペースト焼成過程で焼結を遅くすることができ、その結果ガラスの基板への移行がスムーズに行われたためと思われる。

実施例 2

A_g NO₃ 及び Pd (NO₃)₂ を、メタノール 50% を含むメタノール-水混合溶媒に溶解し、0.5mol/l の溶液を作った。但し A_g NO₃ と Pd (NO₃)₂ の混合割合は、A_g と Pd の重量比が 8:2 となるようにした。この溶液を、実施例 1 と同様にして、電気炉で 1200℃ に加熱されたセラミック管中に噴霧し、凝集した。得られた粉末は最大粒径 2.5μm、最小粒径 1.5μm で結晶性の良い表面平滑な球状 A_g / Pd 合金

実施例 3

HAuCl₄ 結晶をエタノールに溶解し、0.5mol/l の溶液を作成した。この溶液を、実施例 2 と同様にして噴霧熱分解し、最大粒径 1.0μm、最小粒径 0.5μm で結晶性の良い球状 Au 粉末を得た。

この粉末を用い、以下の配合で導体ペーストを作成した。

Au 粉末 100g
ガラスフリット 3g
CuO 1g
有機ビヒクル 13g

このペーストをアルミナ基板上に印刷し、900℃で焼成したところ、膜厚 7μm で緻密な膜が得られた。この膜上に TUS 法でワイヤボンディングを行ったが、2000 ショットでボンディング不良は全くなかった。

効果

実施例からも明らかな通り、本発明のペーストは球状で結晶性が良く、しかも高分散性の金属粉

末を使用しているため、密着性が高く基板と強固に接合した被膜を形成することができる。特に導体ペーストの重合、被膜表面に酸化物やガラス質成分が少なくなるため、半田付け性、ワイヤボンディング性、ダイボンディング性の優れたものが得られる。

特許出願人 昭栄化学工業株式会社

JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT JOURNAL

KOKAI PATENT NO. SHO 62[1987]-2404

Int. Cl. ⁴ :	H 01 B 1/16
Sequence Nos. for Office Use:	8222-5E
Application No.:	Sho 60[1985]-139904
Application Date:	June 26, 1985
Publication Date:	January 8, 1987

THICK-FILM PASTE

Inventors:	Eiichi Asada, Shinichi Ono, Minoru Matsuo c/o Shoei Kagaku Kogyo K.K., 2-1-1 Nishishinjuku, Shinjukuku, Tokyo
Applicant:	2-1-1 Nishishinjuku, Shinjukuku, Tokyo

Claims

1. Thick-film paste, characterized by using, as an electrically conductive component, metal powders obtained by misting a solution containing one or more metal salts and heating the mist at a temperature higher than the metal salt

decomposition temperature, higher than the metal melting point, and higher than metal oxide decomposition temperature when the metal forms oxide at a temperature below the metal melting point.

2. Thick-film paste of Claim 1, wherein the metal powder is single metal powder, alloy powder, or mixtures thereof.

Detailed explanation of the invention

Industrial utilization field

The present invention concerns thick-film pastes for electronics.

In the electronics field, thick-film pastes such as conductor pastes and resistor pastes have been widely used in the manufacture of electronic circuits, resistors, condensers, IC packages, etc. These pastes contain conductive components such as, noble metals, e.g., gold, silver, platinum, palladium, ruthenium, etc.; base metals, e.g., copper, nickel, aluminum, molybdenum, tungsten, etc., their alloys and oxides, and optionally inorganic binders such as glass and other additives in a uniform paste form in an organic carrier. These pastes are applied on a dielectric plate and baked at high temperature or heat-dried at relatively low temperatures to form conductor or resistor films.

Conventional technology

In general, the metal powders used in such thick-film pastes are prepared through wet reduction by treating a metal compound solution with a reducing agent, atomizing molten metal, or fine powdering by evaporation of a metal in vacuum or an inert gas.

Problems to be solved by the invention

The general characteristics required for thick-film pastes are compactness, good adhesion on substrates, and low surface oxide or glass content, especially in the case of conductors.

To satisfy such characteristics, the metal powders used in thick-film pastes should have the following properties:

(1) Good dispersibility in coating materials for uniform compact-film formation.

(2) Low impurity content.

The lowest possible impurity content is needed, since the impurities show adverse effects on the ohmic bonding to semiconductors, the corrosion resistance, the environment resistance, and other electrical properties.

(3) Good crystallinity.

In the firing process, if the crystallinity is poor, the metal powders sinter fast, especially in pastes fired at high temperatures and the molten glass binder does not migrate toward the substrate, resulting in poor adhesion; the glass floats on the film surface, impairing the electric conductivity and solderability. Therefore, good crystallinity and crystals oriented in one direction are desirable.

(4) Particle size in the 0.1-10- μ m range, with uniform particle shape.

Powders obtained by a conventional wet-reduction process are of various shapes and sizes; this process does not provide highly pure metal powders with good dispersibility as well as crystallinity. The atomization process provides powders in large sizes and fine powdering is difficult, thus thin compact films cannot be attained. The evaporation method provides powder too

small in size, using them to make pastes with good dispersion is difficult.

Therefore, powders obtained by these methods are only marginally successful in satisfying the characteristics required for the thick-film pastes.

Means for solving the problems

The present invention is a thick-film paste, characterized by using, as an electrically conductive component, metal powders obtained by misting a solution containing one or more metal salts and heating the mist at a temperature higher than the metal salt decomposition temperature, higher than the metal melting point, and higher than metal oxide decomposition temperature when the metal forms an oxide at a temperature below the metal melting point. In the present invention, metal powder means a powder of a single metal, alloys, and mixtures thereof.

Action

The characteristics of the present invention are related to the metal powders used as conductive components. Such metals include noble metals such as gold, silver, platinum, palladium, etc.; base metals such as copper, nickel, cobalt, aluminum, molybdenum, tungsten, etc., and alloys thereof, which have been used as conductive components in conventional methods.

In the manufacture of powders used in thick-film pastes in the present invention, any metal salts can be used if they deposit the desired metals upon thermal decomposition; metal nitrates, sulfates, chlorides, ammonium salts, phosphates, carboxylates, alcoholates, resin-acid salts, etc. Many different

salts of a single metal may be used together, or double and complex salts may also be used. One or more of such metal salts are dissolved in a single or mixed solvents chosen from water, alcohol, acetone, ethers, etc. to form metal-salt solutions. A pure metal powder is obtained when a single metal salt is used, while an alloy powder is obtained when a solution of salts of two or more metals that form alloys is used. When those metals are not alloy-forming, mixed powders are obtained. The metal solutions are formed into a mist and heated at a temperature higher than the metal salt decomposition temperature and higher than the metal melting point, or higher than the metal-oxide decomposition temperature when the metal forms an oxide at a temperature below the metal melting point, to give spherical metal powders with a smooth surface.

In the manufacture of powder, temperatures below the metal melting point produce nonspherical powders with low density, and not suitable for pastes. Thus, the heating temperature must be higher than the metal melting point. Desirably, the heating should be performed at a temperature about 100°C higher than the melting point of the desired metal. For metals forming oxides at a temperature below the metal melting point during or after metal-salt decomposition, the heating must be done at a temperature higher than the metal-oxide decomposition temperature. For mixed salts of two or more metals that form alloys, heating must be done at a temperature higher than the metal-salt decomposition temperatures and also higher than the melting point of the resulting alloy. The size of the metal powder is dependent upon the metal-salt concentration, the types and mixing ratio of solvents, misting speed, mist size, heating temperature, etc.; the powder size can be thus controlled easily by the appropriate selection of such conditions. The mist size,

especially, seems to be directly related to the metal-powder size, mist droplets can be further divided by colliding such droplets with a solid obstacle or a rotating body. When the solvent boiling point is low, boiling during the heating further divides the mist droplets, and produces metal powder very small in size.

The thick-film pastes of the present invention utilize metal powders obtained by the process above, as the conductive components, together with optional inorganic binders and other additives, and uniformly disperses them in organic carriers.

The metal powders obtained by this process have excellent crystallinity and dispersibility. Thick-film pastes using such powders as the conductive components form thin compact films with excellent substrate adhesion. Especially, in the case of conductor pastes, the films have very low oxide and glass content on the surface, thus solderability and, wire- and die-bonding properties are good.

Application examples

The present invention is explained below in detail, with application examples and comparative examples.

Application Example 1

A solution of 0.5 mol/L was obtained by dissolving AgNO_3 crystals in aqueous ethanol with an ethanol content of 80%. A mist was formed from a double-wall tubular misting machine by discharging the above solution at a rate of 2.0 mL/min through the inner cylinder of a two-fluid nozzle and compressed air through the outer cylinder at a rate of 10 L/min. When mist was

made in a ceramic tube in an electric furnace at 1100°C, air was fed at a rate of 20 L/min outside the two-fluid nozzle to lead the mist into the heating zone where the mist was thermally decomposed. The product was collected by a cyclone and glass filter. The powder obtained was perfectly spherical, smooth-surfaced Ag with good crystallinity, a maximum particle diameter of 1.7 μm , a minimum particle diameter of 0.5 μm .

A conductor paste was prepared using this powder as shown below.

Ag powder	100 g
Glass frit	5 g
Bi ₂ O ₃	8 g
Organic carrier	30 g

Comparative Example 1

Application Example 1 was repeated at 900°C to obtain an Ag powder that was nonspherical and irregular and had maximum particle diameter of 10 μm and a minimum particle diameter of 1 μm . A conductive paste was prepared using this powder with a composition similar to Application Example 1.

Comparative Example 2

Ag powder with a maximum particle diameter of 1.5 μm and a minimum particle diameter of 0.5 μm by the wet reduction method and used in a conductor paste with a composition similar to Application Example 1.

Comparative tests

The pastes of Application Example 1 and Comparative Examples 1 and 2 were printed separately on an alumina substrate and fired at 800°C to obtain thick-film conductors which were tested by usual manner and the results are given in Table I.

Table I.

Test items	Viscosity characteristics (poise)			Print- ability	Solder wetting	Adhesive strength (kg)*	
	0.4 sec ⁻¹	4 sec ⁻¹	40 sec ⁻¹			Initial	After aging
Ag powder							
Application Example 1	8500	2300	800	○	Good	2.5	1.5
Comparative Example 1	4000	1800	800	X	Good	1.5	0.5
Comparative Example 2	8000	2900	1500	△	Pinholes	2.0	0.9

*Adhesive strength was evaluated for a 1.5-mm square pattern. Aging strength was measured after being stored 24 h at 150°C.

Table I clearly shows the superior characteristics of the thick-film paste of the present invention. The paste of Application Example 1 had viscosity characteristics ideal for good screen printability. While solder wetting and adhesive strength are two mutually contradicting characteristics, the

paste of Application Example 1 was superior to the powder obtained by wet reduction process in both solder wetting and adhesive strength. The Ag powder did not agglomerate and dispersed well in the paste, resulting in dense films. Good crystallinity of each particle delay sintering during the paste-firing process, resulting in smooth migration of glass to the substrate.

Application Example 2

A solution of 0.5 mol/L was obtained by dissolving AgNO_3 and $\text{Pd}(\text{NO}_3)_2$ at an Ag to Pd ratio of 8:2 in aqueous methanol containing 50% methanol. This solution was misted in a ceramic tube in an electric furnace at 1200°C as in Application Example 1. The product was a smooth-surfaced spherical Ag/Pd alloy with good crystallinity, a maximum particle diameter of $2.5\ \mu\text{m}$ and a minimum particle diameter of $1.5\ \mu\text{m}$.

Using this alloy powder, a conductor paste was prepared by the following composition.

Ag/Pd alloy powder	100 g
Organic carrier	82 g

This paste was printed on a ceramic sheet and fired at 1100°C to obtain a compact film of $1.2\ \mu\text{m}$ in thickness and a specific resistance about $20\ \mu\Omega/\text{cm}$.

Comparative Example 3

Ag powder having a maximum particle diameter of $1.5\ \mu\text{m}$ and a minimum particle diameter of $0.5\ \mu\text{m}$ and Pd powder having an average particle diameter of $0.2\ \mu\text{m}$ were used for a conductor paste at the following composition.

Ag powder	80 g
Pd powder	20 g
Organic carrier	82 g

This paste was printed on a ceramic sheet and fired at 1100°C to give a continuous film of 1.2 μm in thickness.

Application Example 3

A solution of 0.5 mol/L was prepared by dissolving HAuCl_4 crystals in ethanol. This solution was then misted and thermally decomposed as in Application Example 2 to obtain a spherical Au powder with good crystallinity, a maximum particle diameter of 1.0 μm and a minimum particle diameter of 0.5 μm .

This powder was used for making a conductor paste with the following composition.

Au powder	100 g
Glass frit	3 g
CuO	1 g
Organic carrier	13 g

This paste was printed on an alumina substrate and fired at 900°C to give a 7- μm -thick compact film which was then tested for wire bonding by the TUS method, giving no failure in 2000 shots:

Effects

As shown in the application examples, the pastes of the present invention use spherical metal powders with good crystallinity and high dispersibility, producing thin compact films with strong adhesion to substrates. Especially in the case

of conductor pastes, the film surfaces have a very low contents of oxides or glass, thus providing good solderability and, wire- and die-bonding properties.

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

This Page Blank (uspto)